

**PRIORITY
DOCUMENT**SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

REC'D 16 AUG 2000

WIPO PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Ep 00/07318

Aktenzeichen:

199 37 260.8

E J U

Anmeldetag:

06. August 1999

Anmelder/Inhaber:

EOS GmbH Electro Optical Systems, Planegg/DE

Bezeichnung:Verfahren und Vorrichtung zum Herstellen eines
dreidimensionalen Objekts**IPC:**

B 22 F, B 22 C

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der
ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**München, den 12. Juli 2000
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Agurke

PRÜFER

PRÜFER & PARTNER GbR · PATENTANWÄLTE · EUROPEAN PATENT ATTORNEYS

EP 399-13550.2
P/DH/ah

EOS GmbH Electro Optical Systems, 82152 Planegg

Verfahren und Vorrichtung zum Herstellen
eines dreidimensionalen Objekts

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen eines dreidimensionalen Objekts nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 und eine Vorrichtung zum Herstellen eines dreidimensionalen Objekts nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 23.

Bei einem beispielsweise aus der US 4,863,538 bekannten Verfahren zum Herstellen eines dreidimensionalen Objekts mittels selektivem Lasersintern wird das Objekt durch sukzessives selektives Verfestigen von Schichten eines pulverförmigen Materials an dem Objekt entsprechenden Stellen in der jeweiligen Schicht unter Einwirkung eines Laserstrahles hergestellt. Die so hergestellten Objekte sind unmittelbar nach ihrer Fertigstellung noch heiß und weisen noch nicht ihre endgültige Festigkeit auf.

Aus der US 5,846,370 ist ein Verfahren und eine Vorrichtung gemäß Patentanspruch 1 bzw. 15 bekannt. Dort wird vorgeschlagen, das Objekt in einem Behälter aufzubauen, der innerhalb einer Prozeßkammer vorgesehen ist und nach der Fertigstellung

des Objektes aus dieser entfernt werden kann und als Kühlvorrichtung verwendet werden kann.

Aus dem deutschen Gebrauchsmuster DE 295 06 671.6 ist es ferner bekannt, ein mittels selektivem Lasersintern hergestelltes Objekt manuell aus dem das Objekt nach dem Aufbau noch umgebenden unverfestigten Pulver zu entfernen bzw. auszupacken.

Es ist Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Herstellen eines dreidimensionalen Objekts aus verfestigbaren Pulvermaterial bereitzustellen, mit dem bzw. mit der der gesamte Herstellungsprozeß vereinfacht und die Genauigkeit bei der Herstellung des Objekts verbessert wird.

Die Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren gemäß Patentanspruch 1 bzw. eine Vorrichtung gemäß Patentanspruch 23. Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Weitere Merkmale und Zweckmäßigkeiten der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der Figuren.

Von den Figuren zeigen

- Fig. 1 eine schematische Schnittansicht der erfindungsgemäßen Vorrichtung;
- Fig. 2 eine schematische Schnittansicht eines Details der Vorrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung; und
- Fig. 3 eine schematische Schnittansicht eines Details der Vorrichtung gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung.

Wie insbesondere aus Fig. 1 ersichtlich ist, weist die Vorrichtung zum Herstellen eines dreidimensionalen Objektes einen nach oben offenen Behälter bzw. Baubehälter 1 mit einem oberen Rand 2 auf. Der Querschnitt des Behälters 1 ist größer als die größte Querschnittsfläche eines herzustellenden Objekts 3. In dem Behälter 1 ist ein Träger 4 zum Tragen des zu bildenden Objekts mit einer im wesentlichen ebenen, dem oberen Rand 2 zugewandten Oberfläche 5 vorgesehen. Der Träger 4 ist mittels eines in Fig. 1 schematisch angedeuteten Antriebes in dem Behälter 1 in vertikaler Richtung auf- und abbewegbar. Der obere Rand 2 des Behälters 1 definiert eine Arbeitsebene 6.

Der Behälter 1 ist in einer Prozeßkammer 100 lösbar befestigt, so daß er mitsamt dem darin gebildeten Objekt 3 aus der Prozeßkammer 100 entnehmbar ist.

Oberhalb der Arbeitsebene 6 ist eine Bestrahlungseinrichtung in Form eines Lasers 7 angeordnet, die einen gerichteten Lichtstrahl 8 abgibt. Es ist eine Ablenkeinrichtung 9, beispielsweise als ein System von Galvanometerspiegeln, vorgesehen, über die der Lichtstrahl 8 als abgelenkter Strahl 8' an jede gewünschte Stelle der Arbeitsebene 6 ablenkbar ist.

Es ist ein Beschichter 10 zum Aufbringen einer Schicht eines zu verfestigenden Pulvermaterials 11 auf die Trägersoberfläche 5 oder eine zuletzt verfestigte Schicht vorgesehen. Der Beschichter 10 ist mittels eines schematisch angedeuteten Antriebs von einer ersten Endstellung auf einer Seite des Behälters 1 in eine zweite Endstellung auf der gegenüberliegenden Seite des Behälters 1 über der Arbeitsebene 6 hin- und herbewegbar.

Es ist ferner eine Steuereinrichtung 40 vorgesehen, durch die der Antrieb zur Einstellung der Position des Trägers 4, der Antrieb zum Verfahren des Beschichters 10 und der Antrieb zum Verstellen der Ablenkeinrichtung koordiniert oder unabhängig voneinander steuerbar sind.

In einer in Fig. 2 dargestellten ersten Ausführungsform der Erfindung weist die Vorrichtung zum Herstellen des Objekts eine bevorzugt außerhalb der Prozeßkammer 100 angeordnete Vorrichtung 50 zum gesteuerten Entfernen des fertigen Objekts aus dem Behälter 1 auf. Die Vorrichtung 50 weist eine nur schematisch dargestellte Halterung 51 auf, in der der Behälter 1, nachdem er aus der Prozeßkammer entnommen ist einsetzbar ist und gehalten ist. Die Vorrichtung 50 weist ferner einen in Fig. 2 schematisch angedeuteten Antrieb zum Aufwärts- und Abwärtsbewegen des Trägers in der Vorrichtung 50 auf. Der Antrieb ist derart ausgebildet, daß der Träger mit einer einstellbaren Geschwindigkeit kontinuierlich oder schrittweise gegen den oberen Rand 2 des Behälters bewegt werden kann. Ferner ist der Antrieb so ausgebildet, daß der Träger 4, nachdem er in seiner obersten Stellung angelangt ist, wieder abgesenkt werden kann.

Es ist ferner eine den Behälter 1 an seiner offenen Seite gegen die Umgebung abschließende Abdeckung 52 in Form einer kuppelartigen Haube vorgesehen, die mit ihrem unteren Rand auf dem oberen Rand 2 des Behälters 1 ruht. Die Abdeckung 52 ist auf den Behälter aufsetzbar und zwischen dem oberen Rand 2 des Behälters 1 und der Abdeckung ist eine Dichtung vorgesehen, durch die eine hermetische Abdichtung gegen die Atmosphäre gewährleistet ist. Die Abdeckung weist zwei einander gegenüberliegende Öffnungen 53 und 54 auf, die in einem vorbestimmten Abstand vom unteren Rand der Abdeckung 52 vorgesehen sind. Die Öffnungen 53, 54 sind jeweils mit einer Zuführleitung 55 bzw. einer Abführleitung 56 zum Zuführen von einem unter Druck stehenden Gas bzw. zum Ableiten des Gases und mit dem Gasstrom aufgewirbelten Pulverteilchen verbunden. Die Zuführleitung 55 ist mit einer Vorrichtung 57 zum Zuführen eines gasförmigen Mediums bevorzugt mit einer Druckluftquelle 57 verbunden. Die Abführleitung 56 ist mit einem Auffangbehälter 58 für abgeführtes Pulvermaterial verbunden. Die Öffnungen 53 und 54 in der Abdeckung 52 sind derart angeordnet,

daß, wenn die Druckluftquelle 57 angeschlossen ist, ein im wesentlichen tangential über den oberen Rand 2 des Behälters fließender Gasstrom erzeugt ist. Die Druckluftquelle 57 ist so einstellbar, daß die Stärke des Luftstromes steuerbar ist. Ferner ist die Temperatur des gasförmigen Mediums steuerbar, so daß eine zur Kühlung erforderliche Temperatur einstellbar ist.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird das Objekt zunächst in bekannter Weise auf dem Träger 4 innerhalb des Behälters 1 in der Prozeßkammer 100 hergestellt. Dazu wird erst der Träger 4 in die höchste Stellung gefahren, in der die Trägeroberfläche 5 in einem Abstand einer Schichtdicke der ersten aufzubringenden Schicht unterhalb des oberen Randes 2 des Behälters 1 liegt. Dann wird der Beschichter 10 über die Arbeitsebene 6 verfahren und eine erste Schicht von zu verfestigenden Pulver 11 aufgebracht. Anschließend wird die Ablenkeinrichtung 9 derart gesteuert, daß mit dem Laserstrahl 8 ein dem Querschnitt des Objekts in dieser Schicht entsprechender Bereich des Pulvermaterials verfestigt wird. Anschließend wird der Träger 4 abgesenkt und eine neue Schicht aufgebracht und ebenfalls wieder verfestigt. Diese Schritte werden so oft wiederholt, bis das Objekt 3 fertiggestellt ist. Als Pulvermaterial 11 wird Kunststoffpulver, wie beispielsweise Polyamidpulver, Metallpulver, Keramikpulver, kunststoffummantelter Sand oder Kombinationen davon, je nach Anwendungsgebiet verwendet.

Dann wird der Behälter mitsamt dem darin gebildeten Objekt 3 aus der Prozeßkammer 100 entfernt und in die Einrichtung 50 zum Auspacken des Objekts 3 gebracht. Der Träger 4 befindet sich dabei innerhalb des Behälters 1 in seiner untersten Stellung. Zwischen dem gebildeten Objekt 3 und der Behälterwand befindet sich noch nicht verfestigtes Pulvermaterial 11. Bei Verwendung von Kunststoffpulver ist das Objekt 3 typischerweise unmittelbar nach dem Fertigstellen noch heiß und hat noch nicht seine endgültige Festigkeit erreicht. Zum

schonenden Auspacken und Abkühlen des Objekts wird nun die Abdeckung 52 auf den Behälter 1 aufgesetzt und die Druckluftquelle 57 angeschlossen. Anschließend wird der Träger 4 entweder kontinuierlich mit einer einstellbaren Geschwindigkeit oder schrittweise innerhalb des Behälters nach oben bewegt, so daß sich immer eine Menge an nichtverfestigtem Pulver oberhalb des Behälterrandes 2 befindet und von der Abdeckung 52 gehalten wird. Die Druckluftquelle 57 ist so eingestellt, daß ein ausreichend starker Luftstrom im wesentlichen tangential über die Pulveroberfläche streicht und dabei nicht verfestigtes Pulver mitreißt, welches durch die Auslaßöffnung 53 und die Abführleitung 56 entfernt wird und in dem Auffangbehälter 58 aufgefangen wird. Sobald durch Anheben des Trägers 4 das Objekt 3 innerhalb des Bereiches des die Oberfläche überstreichenden Luftstromes gelangt, wird dieses durch den Luftstrom gekühlt. Wenn der Träger 4 in seiner obersten Endstellung ist, wird die Abdeckung 52 entfernt und das Objekt wird entnommen. Dabei ist es ausreichend abgekühlt. So wird das Objekt 3 in vorbestimmter Weise durch Einstellen der Temperatur und des Druckes des Luftstromes, sowie der Verfahrensgeschwindigkeit des Trägers innerhalb des Behälters in vorbestimmter Weise aus dem Behälter 1 entfernt und der Behälter 1 ist wieder frei für einen neuen Einsatz in der Prozeßkammer 100. Das Verfahren hat den Vorteil, daß durch das gesteuerte Auspacken und Abkühlen des Objekts 3 schockartige Abkühlungen vermieden werden und gleichzeitig das nichtverfestigte Pulvermaterial ebenfalls langsam und gesteuert entfernt und abgekühlt wird, so daß es eine hohe Qualität für eine Wiederverwendung hat. Das Objekt 3 hingegen wird erst nach dieser Prozedur entnommen, so daß es im heißen und noch weichen Zustand nicht berührt werden muß und dadurch nicht verformenden Kräften ausgesetzt ist. Ferner hat das Abkühlen und Auspacken außerhalb der Prozeßkammer den Vorteil, daß diese für das Bilden neuer Objekte frei wird.

In einer alternativen Ausführungsform ist an die Abführleitung 56 eine Saugpumpe angeschlossen, die den Abtransport des

nicht verfestigten Pulver unterstützt. Die Luft kann auch zirkuliert werden, hierzu ist dann eine Verbindungsleitung zwischen der Luftabfuhrleitung 56 und der Luftzufuhrleitung 55 vorgesehen, in der ein Filter zum Trennen von aufgewirbeltem Pulver und der Luft angeordnet ist. Anstelle von Luft kann auch ein anderes Gas, beispielsweise ein Schutzgas wie Stickstoff zum Verhindern, daß das Pulver z. B. oxidiert, verwendet werden. Die gesamte Vorrichtung 50 kann auch innerhalb der Prozeßkammer 100 angeordnet sein, wobei dann allerdings die Prozeßkammer während des Auspackens und Abkühlens belegt ist.

In einer Abwandlung der Ausführungsform nach Fig. 2 sind anstelle der Öffnungen 53, 54 mehr als zwei Öffnungen in verschiedenen Positionen vorgesehen. Der Gasstrom kann auch anders als tangential zur Oberfläche gerichtet sein. Ferner ist eine Einrichtung zum Steuern der Richtung des Gasstromes, beispielsweise in Form einer steuerbaren Düse vorgesehen.

In einer weiteren, in Fig. 3 dargestellten Ausführungsform einer Einrichtung zum Entfernen des Objekts aus dem Baubehälter ist der Behälter 200 derartig ausgebildet, daß er einen Rahmen 60 mit vorzugsweise quadratischem oder rechteckigem Querschnitt aufweist, innerhalb dem der Träger 4 auf- und abbewegbar ist. Es ist ein ring- bzw. kragenförmiger Aufsatz bzw. Rand 62 vorgesehen, der auf den oberen Rand 61 des Behälterrahmens 60 aufsetzbar und wieder abnehmbar ist. Der Aufsatz 62 ist derart ausgebildet, daß er an wenigstens einer der vier Seiten des Behälterrahmens 60 eine Überlaufeinrichtung vorzugsweise in einer nach außen gewölbten, im Bereich des Überlaufs abgerundete Überlaufkante 63 bzw. einen Überlauftrand bildet und an den anderen drei Seiten über den Rand 61 des Behälterrahmens 60 hinausragt, so daß er eine Einrichtung zum Verhindern des Herausfallens von Pulver oder Objekt beim Verfahren des Trägers 4 nach oben bildet. Der Behälter 200 ist mit seinem Rahmen 60 in einer Halterung 70 gehalten, die bevorzugt außerhalb der Prozeßkammer 100 angeordnet ist.

Es ist ferner eine Kippvorrichtung 71 vorgesehen, mit der der Behälter 200 mitsamt seiner Halterung 70 um einen vorbestimmten und einstellbaren Winkel A in vertikaler Richtung kippbar ist, so daß die Verschiebeachse V des Trägers 4 in dem Behälter 1 um diesen vorbestimmten Winkel A gegenüber der Vertikalen gekippt ist.

Unterhalb der Überlaufkante 63 des Behälters 1 ist eine Siebeinrichtung 80 vorzugsweise in Form eines Rüttelsiebes angeordnet und unterhalb des Rüttelsiebes ist ein Auffangbehälter 90 angeordnet.

In einer Abwandlung der Ausführungsform nach Fig. 3 sind der Behälter 1, die Siebeinrichtung 80 und ggf. der Auffangbehälter 90 in einer staub- und ggf. gasdichten Kammer zwecks Staubvermeidung und zum Ermöglichen der Steuerung der Temperatur der Umgebung angeordnet.

Bei dem Verfahren nach dieser Ausführungsform wird zunächst das Objekt 3 wie oben beschrieben innerhalb der Prozeßkammer fertiggestellt. Dabei ist es durchaus möglich, daß mehrere getrennte Objekte 3, 3', 3'' innerhalb des Behälters hergestellt werden, die voneinander durch unverfestigtes Pulvermaterial 11 getrennt sind.

Anschließend wird der Behälter 200 aus der Prozeßkammer entnommen und in die Halterung 70 der Einrichtung 500 zum Auspacken eingesetzt. Mittels der Kippvorrichtung 71 wird der Behälter 200 derart gekippt, daß die Achse V des Trägers 4 einen vorbestimmten Winkel A zur Vertikalen in Richtung auf die Sieb- bzw. Auffangeinrichtung 80 aufweist. Anschließend wird der Träger 4 kontinuierlich oder schrittweise angehoben, so daß unverfestigtes Pulvermaterial 11 über die Überlaufkante 63 geschoben wird und anschließend auf das Rüttelsieb 80 fällt. Die Maschenweite des Siebes 80 ist derart gewählt, daß nicht verfestigtes Pulver abgesiebt werden kann und in dem Auffangbehälter 90 zur Wiederverwendung aufgefangen und ab-

transportiert wird. Durch den Druck des nachkommenden von dem sich nach oben bewegendem Träger 4 die Überlaufkante 63 geschobenen Pulvermaterials werden auch das oder die gebildeten Objekte über die Überlaufkante 3 geschoben und in dem Rüttelsieb 80 aufgefangen, von wo sie dann nach Absieben des unverfestigten Pulvermaterials entnommen werden können. Während des Anhebens des Trägers 4 kann der Kippwinkel A verändert z. B. vergrößert werden, so daß das Pulver und die Objekte aus dem Behälter vollständig über die Überlaufkante 63 geschoben werden können.

Es ist auch möglich bei diese Ausführungsform eine Kühleinrichtung, beispielsweise in Form eines entlang der Pulveroberfläche streichenden Luft- bzw. Gasstromes G vorzusehen, wodurch an der Pulveroberfläche auftauchende Objekte und das Pulver selbst gekühlt werden.

Auch eine Kombination der Fig. 2 und Fig. 3 dargestellten Ausführungsformen für die Einrichtung zum Auspacken sind möglich. Das Überlaufen des Pulvers über die Kante 63 kann beispielsweise durch Druckluft unterstützt werden.

In einer weiteren Ausführungsform ist eine Einrichtung vorgesehen, mit der das nichtverfestigte Pulver mechanisch in gesteuerter Weise entfernt wird. Eine solche Einrichtung kann beispielsweise durch eine oder mehrere Bürsten gebildet sein, durch die unverfestigtes Pulver bei der Aufwärtsbewegung des Trägers in dem Behälter von der Oberfläche weg befördert wird und gegebenenfalls am Objekt haftende Pulverreste entfernt werden. Die mechanische Einrichtung zum Entfernen des Pulvers kann auch zum Unterstützen der Pulverentfernung beim Sieben verwendet werden.

Die Erfindung ist im übrigen nicht auf die Verwendung eines Gasstromes zur Entfernung von unverfestigtem Pulvermaterials beschränkt. Es ist auch möglich, anstelle des Gasstromes ein anderes fluides Medium zu verwenden, beispielsweise ein Gas-

/Pulvergemisch, eine Flüssigkeit oder ein Flüssigkeit-/Pulvergemisch. Durch den Einsatz eines geeigneten fluiden Mediums ist es möglich, gleichzeitig mit dem Entfernen des Pulvers die Oberfläche des Bauteils zu behandeln., beispielsweise eine Glättung mittels eines Gas-/Pulverstromes oder eine Härtung mittels reaktiver Gase herbeizuführen. Eine derartige Nachbehandlung des Bauteiles kann gleichzeitig und automatisiert mit dem Entfernen des Pulvers in der Einrichtung zum Entfernen des Objekts aus dem Behälter oder nach dem Pulverentfernen stattfinden.

Sowohl die Ausführungsform nach Fig. 2, als auch die nach Fig. 3 bzw. Kombinationen derselben können ferner zusätzlich eine Temperatursteuervorrichtung zum Steuern der Temperatur des fluiden Mediums bzw. des Gasstroms und/oder der umgebenden Atmosphäre aufweisen. Bei einem Schritt der Steuerung der Temperatur zum gesteuerten Abkühlen des gebildeten Objekts entspricht die Umgebungstemperatur zunächst der Objekttemperatur und wird dann während des Siebens langsam verringert.

Je nach verwendetem Pulvermaterial kann der Bauprozess so geführt werden, daß das Objekt unmittelbar nach dem Fertigstellen nicht heiß ist und daher keine Abkühlung benötigt. Auch hier haben die beschriebenen Verfahren und Vorrichtungen den Vorteil, daß das Objekt schonend und ohne manuelle Arbeit ausgepackt wird. Wenn das Objekt unmittelbar nach dem Fertigstellen bereits eine ausreichende Festigkeit hat, kann anstatt des kontinuierlichen oder schrittweisen Anhebens des Trägers der gesamte Inhalt des Behälters gleich auf die Sieb- bzw. Auffangeinrichtung entleert werden, beispielsweise durch Öffnen des Behälters. Diese Alternative hat den Vorteil, daß der Gesamtprozeß beschleunigt wird, wobei die oben beschriebenen Verfahren und Mittel zum Pulverentfernen und Abkühlen ebenso verwendet werden können.

Entscheidend ist es, daß Mittel zum gesteuerten Entfernen des nicht verfestigten Pulvermaterials vorgesehen sind, die das

automatische Auspacken des gebildeten Objekts aus dem Behälter gesteuerter Weise ohne manuelle Arbeit ermöglichen.

Die Erfindung ist ferner nicht darauf beschränkt, daß ein Laserstrahl zur Verfestigung des Pulvermaterials verwendet wird. Anstatt mit einem Laserstrahl kann das Pulver auch auf andere Weise verfestigt werden, beispielsweise mit anderen Energiestrahlen, wie z.B. mit einem Elektronenstrahl oder durch selektives Verkleben, z.B. mit aus einem Druckerkopf selektiv eingespritztem Binder oder Klebstoff.

PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zum Herstellen eines dreidimensionalen Objekts mit den Schritten

Bilden des Objekts (3) in einem, innerhalb einer Prozeßkammer (100) angeordneten Behälter (1, 200) auf einem in dem Behälter verschiebbaren Träger (4) durch aufeinanderfolgendes selektives Verfestigen von Schichten eines verfestigbaren pulverförmigen Materials (11) an dem Querschnitt des Objekts in der jeweiligen Schicht entsprechenden Stellen, gekennzeichnet durch den Schritt des gesteuerten Entfernens von nicht verfestigtem pulverförmigen Materials (11) nach dem Fertigstellen des Objekts (3).

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß nach dem Fertigstellen des Objekts (3) der Träger (4) innerhalb des Behälters (1, 200) sukzessive angehoben wird und daß im Bereich des Behälterrandes (2, 61) vorhandene unverfestigte Pulvermaterial entfernt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das unverfestigte Pulvermaterial mechanisch entfernt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß das unverfestigte Pulvermaterial mittels Bürsten entfernt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß das unverfestigte Pulvermaterial mittels eines fluiden Mediums entfernt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß das unverfestigte Pulvermaterial mittels eines Gasstromes entfernt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Gasstrom im wesentlichen tangential zur Oberfläche des Pulvers gerichtet ist.

8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Richtung des Gasstromes gesteuert wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß das unverfestigte Pulver (11) weggeblasen wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß das unverfestigte Pulver (11) abgesaugt wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Träger (4) nach der Fertigstellung des Objekts kontinuierlich angehoben wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Träger nach der Fertigstellung des Objekts schrittweise angehoben wird.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß das Objekt (3) während des Entfernens des unverfestigten Pulvers (11) gekühlt wird.

14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß das Objekt (3) durch einen im wesentlichen tangential zur Pulveroberfläche gerichteten Gasstrom gekühlt wird.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß der Behälter (1, 200) nach der Fertigstellung des Objekts aus der Prozeßkammer (100) entfernt wird.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß der Behälter (1, 200) nach Fertigstellung des Objekts (3) in einen vorbestimmten Winkel zur Vertikalen gekippt wird.

17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß das nicht verfestigte Pulver (11) und das gebildete Objekt (3) durch Anheben des Trägers in dem Behälter und sukzessives Überlaufen über eine Behälterkante entfernt werden.

18. Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß das nicht verfestigte Pulver (11) und das Objekt (3) in einer Siebeinrichtung (80) voneinander getrennt werden.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß entferntes nicht verfestigtes Pulver (11) gesammelt und abtransportiert wird.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Entfernung des unverfestigten Pulvermaterials die Oberfläche des Objekts nachbehandelt wird.

21. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Temperatur des fluiden Mediums und/oder die Umgebungstemperatur des Behälters gesteuert wird.

22. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß das Pulvermaterial unter Einwirkung elektromagnetischer Strahlung verfestigt wird.

23. Vorrichtung zum Herstellen eines dreidimensionalen Objekts durch aufeinanderfolgendes Verfestigen von Schichten eines verfestigbaren Pulvermaterials mit einem Behälter (1; 200) zur Aufnahme des herzustellenden Objekts (3), einem in dem Behälter verschiebbaren Träger (4) und einer Einrichtung (50; 500) zum gesteuerten Entfernen von

nicht verfestigtem pulverförmigen Material (11) nach dem Fertigstellen des Objekts (3).

24. Vorrichtung nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß eine Einrichtung zum gesteuerten Abkühlen des Objekts (3) während des gesteuerten Entfernens von nichtverfestigten pulverförmigen Materials vorgesehen ist.

25. Vorrichtung nach Anspruch 23 oder 24, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtung (50; 500) zum gesteuerten Entfernen von nicht verfestigtem pulverförmigen Material (11) Mittel zum Richten eines Stromes eines fluiden Mediums im wesentlichen tangential zum oberen Rand des Behälters (1; 200) aufweist.

26. Vorrichtung nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, daß eine Einrichtung zum Absaugen von unverfestigtem Pulvermaterial vorgesehen ist.

27. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 23 bis 26, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtung (50; 500) zum gesteuerten Entfernen von nicht verfestigtem pulverförmigen Material (11) Mittel zum kontinuierlichen oder schrittweisen Anheben des Trägers (4) in dem Behälter (1; 200) aufweist.

28. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 23 bis 27, dadurch gekennzeichnet, daß der Behälter (200) in einem Bereich an seinem oberen Rand (61) eine nach außen gewölbte Überlaufeinrichtung (63) aufweist.

29. Vorrichtung nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, daß Mittel (71) zum Kippen des Behälters um einen vorbestimmten Winkel (A) zur Vertikalen in Richtung der Überlaufeinrichtung (63) vorgesehen sind.

30. Vorrichtung nach Anspruch 29, dadurch gekennzeichnet, daß Mittel zum Trennen des über die Überlaufkante (63) aus dem

Behälter (200) entfernten unverfestigten Pulvermaterials (11) und des gebildeten Objektes (3) vorgesehen sind.

31. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 23 bis 30, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtung (50; 500) zum gesteuerten Entfernen von nicht verfestigtem pulverförmigen Material (11) außerhalb einer Prozeßkammer (100), in der das Objekt gebildet wird, vorgesehen ist.

32. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 23 bis 31, dadurch gekennzeichnet, daß eine Einrichtung zum mechanischen Entfernen des unverfestigten Pulvermaterials vorgesehen ist.

33. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 23 bis 32, dadurch gekennzeichnet, daß eine Vorrichtung zur Steuerung der Temperatur der den Behälter umgebenden Atmosphäre und/oder des zum Entfernen des unverfestigten Pulvermaterials verwendeten Mediums vorgesehen ist.

ZUSAMMENFASSUNG

Es wird ein Verfahren zum Herstellen eines dreidimensionalen Objekts bereitgestellt mit den Schritten
Bilden des Objekts (3) in einem, innerhalb einer Prozeßkammer (100) angeordneten Behälter (1, 200) auf einem in dem Behälter verschiebbaren Träger (4) durch aufeinanderfolgendes selektives Verfestigen von Schichten eines unter Einwirkung elektromagnetischer oder Teilchenstrahlung verfestigbaren pulverförmigen Materials (11) an dem Querschnitt des Objekts in der jeweiligen Schicht entsprechenden Stellen, gekennzeichnet durch den Schritt des gesteuerten Entfernens von nicht verfestigtem pulverförmigen Material (11) nach dem Fertigstellen des Objekts (3).

(Fig. 3)

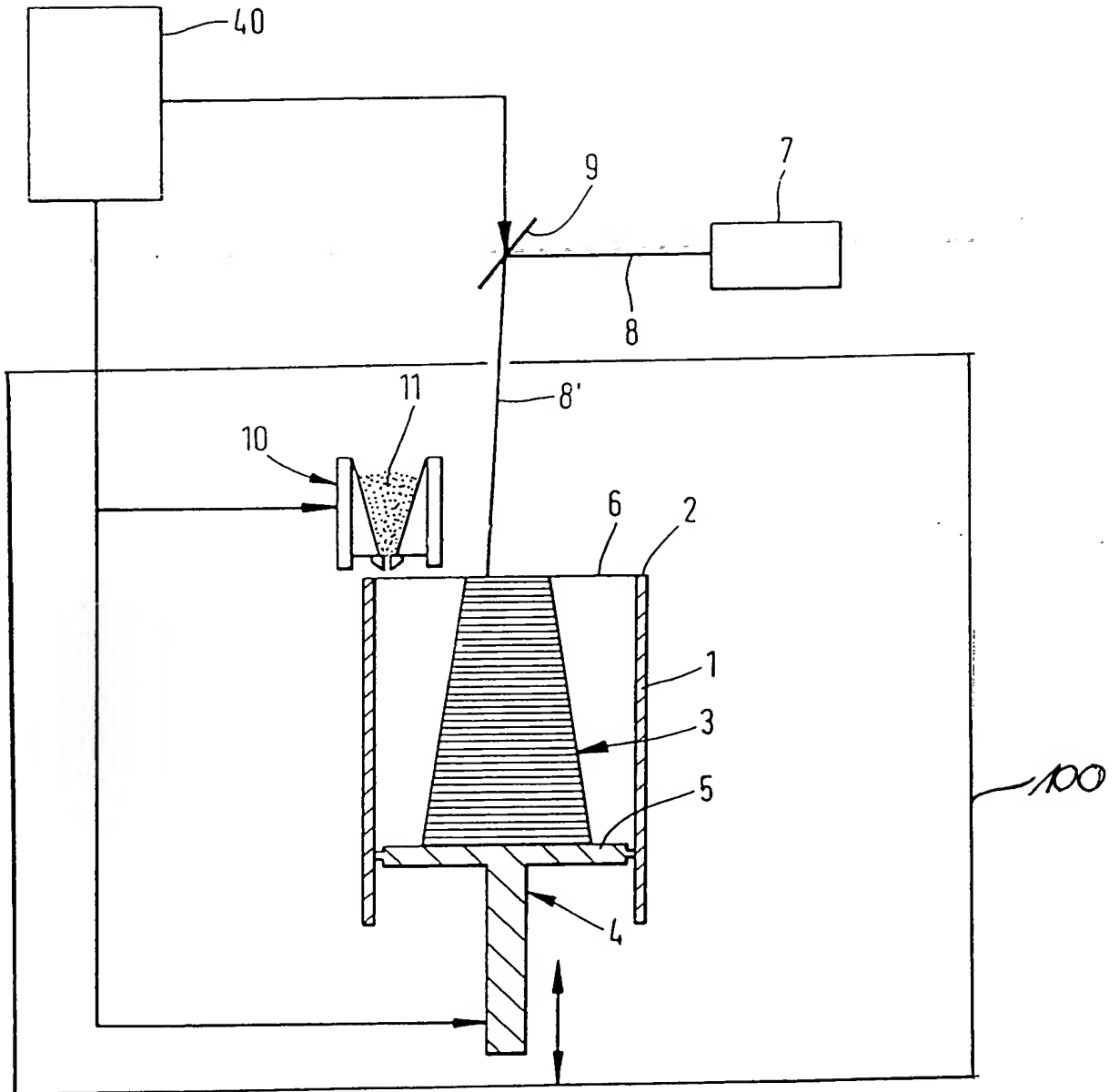


Fig. 1

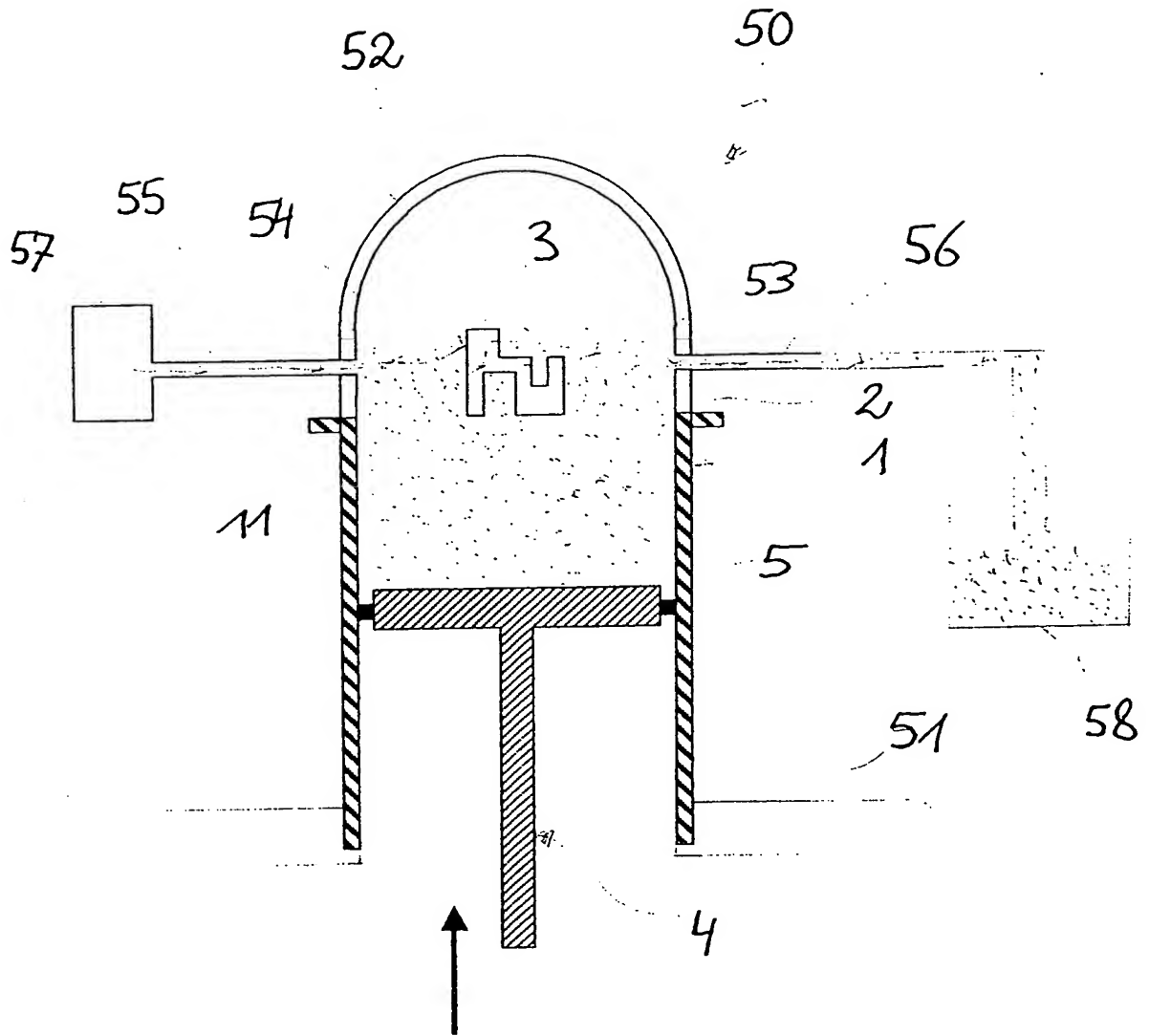


Fig. 2

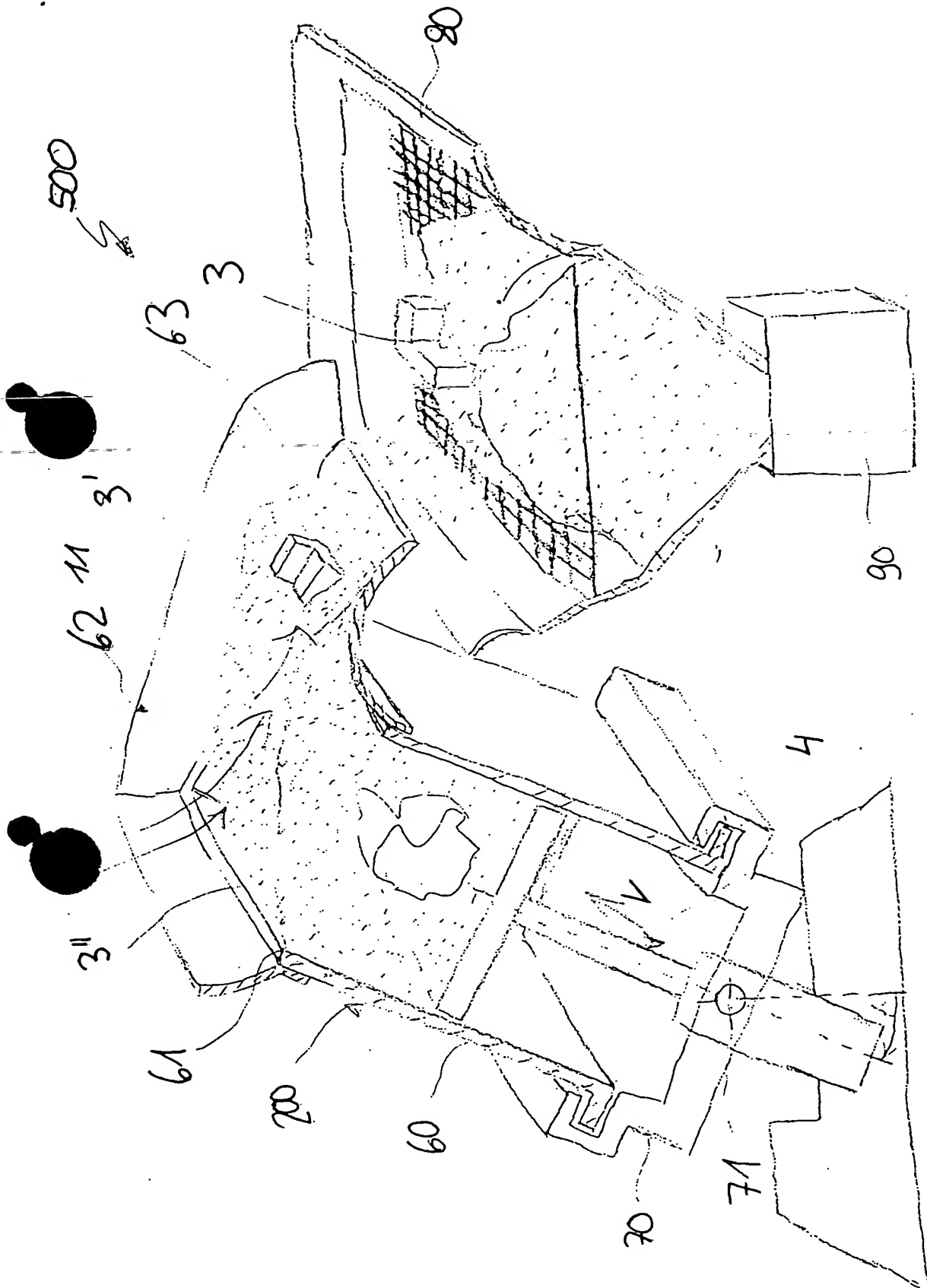


Fig. 3

